



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

re application of: Bruno GHYSELEN  
Application No.: 10/617,521

Confirmation No.: 3570

Filing Date: July 11, 2003

Group Art Unit: 2812

For: METHOD OF SMOOTHING THE OUTLINE  
OF A USEFUL LAYER OF MATERIAL  
TRANSFERRED ONTO A SUPPORT  
SUBSTRATE

Examiner:

Attorney Docket No.: 4717-5500

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

**Mail Stop Missing Parts**  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicant has claimed priority under 35 U.S.C. § 119 of French Application No. 0209022 filed July 17, 2002. In support of this claim, a certified copy of said application is submitted herewith.

No fee or certification is believed to be due for this submission. Should any fees be required, however, please charge such fees to Winston & Strawn LLP Deposit Account No. 50-1814.

Respectfully submitted,

3/2/04

Date

Allan A. Fanucci

Allan A. Fanucci, Reg. No. 30,256

**WINSTON & STRAWN**  
**Customer No. 28765**

202-371-5904





# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

07 JUIL. 2003

Fait à Paris, le .....

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martine PLANCHE', is enclosed within a stylized oval-shaped line.

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIETE  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)





26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**cerfa**  
N° 11354\*02



### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

#### page 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire 08 540 @ W / 01/0801

REMISE DES PIÈCES DATE LIEU N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI		Réervé à l'INPI <b>0209022</b>	<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  CABINET REGIMBEAU Espace Performance Bâtiment K 35769 SAINT-GREGOIRE CEDEX	
<b>Vos références pour ce dossier</b> ( facultatif ) 239538/D.19906 R				
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie		
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>		
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>		
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>		
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>		
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date <input type="text"/>	
		N°	Date <input type="text"/>	
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale		N°	Date <input type="text"/>	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) "Procédé de lissage du contour d'une couche utile de matériau reportée sur un substrat support"				
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date <input type="text"/>	N°	
		Pays ou organisation Date <input type="text"/>	N°	
		Pays ou organisation Date <input type="text"/>	N°	
<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »				
<b>5 DEMANDEUR</b> (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale	<input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES		
Prénoms				
Forme juridique		Société Anonyme		
N° SIREN		3 8 4 7 1 1 9 0 9		
Code APE-NAF		<input type="text"/>		
Domicile ou siège	Rue	Parc Technologique des Fontaines Chemin des Franques		
	Code postal et ville	3 8 1 9 0 BERNIN		
	Pays	FRANCE		
Nationalité		Française		
N° de téléphone ( facultatif )		N° de télécopie ( facultatif )		
Adresse électronique ( facultatif )		<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »		

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**
**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2**


REMISE DES PIÈCES		Réervé à l'INPI								
DATE		0209022								
LIEU		I.N.P.I. RENNES								
N° D'ENREGISTREMENT		17 JUIL. 2002								
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		DB 540 @ W / 010801								
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>( facultatif )</i>		239538/D.19906R								
<b>6 MANDATAIRE</b> <i>( si y a lieu )</i>										
<table border="0"> <tr> <td>Nom</td> <td>BRANGER</td> </tr> <tr> <td>Prénom</td> <td>Jean-Yves</td> </tr> <tr> <td>Cabinet ou Société</td> <td>CABINET REGIMBEAU</td> </tr> <tr> <td>N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel</td> <td></td> </tr> </table>			Nom	BRANGER	Prénom	Jean-Yves	Cabinet ou Société	CABINET REGIMBEAU	N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel	
Nom	BRANGER									
Prénom	Jean-Yves									
Cabinet ou Société	CABINET REGIMBEAU									
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel										
Adresse	Rue	Espace Performance Bâtiment K								
	Code postal et ville	13 5 7 6 0 SAINT-GREGOIRE								
	Pays	FRANCE								
N° de téléphone <i>( facultatif )</i>	02 23 25 26 50									
N° de télécopie <i>( facultatif )</i>	02 23 25 26 59									
Adresse électronique <i>( facultatif )</i>										
<b>7 INVENTEUR (S)</b>										
Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques										
<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)										
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>										
Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)										
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>										
Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt										
<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non										
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>										
<input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG <input type="text"/>										
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes										
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> <i>(Nom et qualité du signataire)</i> BRANGER Jean-Yves Mandataire CPI N° 92-4010		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>								

La présente invention concerne un procédé permettant de lisser le contour extérieur d'une couche utile d'un matériau semi-conducteur reportée sur un support, au cours de la fabrication de substrats pour 5 l'électronique, l'optique ou l'optoélectronique.

Actuellement, parmi ces substrats, tous ceux fabriqués par des techniques combinant le collage par adhésion moléculaire (connu sous la terminologie anglo-saxonne de "wafer bonding") et le transfert d'une couche 10 utile sur un support, présentent une zone dite de "couronne périphérique".

Cette couronne est une zone située à la périphérie du support et dans laquelle le transfert de la couche utile n'a pas eu lieu, ou bien lorsqu'il a eu 15 lieu, une zone dans laquelle la couche utile a été transférée de façon partielle ou a ensuite disparu, au cours d'un traitement ultérieur, du fait de sa mauvaise adhérence sur ce support.

Les figures 1 et 2 jointes sont des schémas 20 illustrant respectivement en coupe et en vue de dessus, un substrat connu de l'homme du métier sous l'acronyme "SOI" de l'expression anglo-saxonne "*silicon on insulator*" signifiant silicium sur isolant.

Sur la figure 1, on peut voir un support 1 en 25 silicium sur lequel a été transférée par adhésion moléculaire, une couche composite 2 comprenant une couche d'oxyde de silicium 21 surmontée d'une couche de silicium 22.

On définit par le terme de couronne 3, une 30 zone sensiblement annulaire du support 1 où la couche composite 2 n'a pas été reportée ou mal, lors du transfert de couche. Sur la vue de dessus (voir figure 2), on constate que cette couronne 3 est d'une largeur

variable, c'est à dire que le bord latéral vertical 200 de la couche composite 2 est irrégulier ou dentelé.

On notera que ces figures 1 et 2 et les suivantes ne sont que des schémas qui ne sont pas à 5 l'échelle, tant en ce qui concerne l'épaisseur des différentes couches et du support que la largeur de la couronne.

On retrouve ce phénomène de couronne avec d'autres substrats, par exemple ceux connus sous 10 l'acronyme "SICOI" de l'expression anglo-saxonne "silicon carbide on insulator" signifiant carbure de silicium sur isolant, ou sous l'acronyme "SOQ" de l'expression anglo-saxonne "silicon on quartz" signifiant silicium sur quartz. D'autres substrats à 15 plusieurs couches, tels que ceux comprenant par exemple de l'arséniure de gallium sur du silicium (AsGa/Si) présentent également cette couronne.

Indépendamment du diamètre du support 1 qui peut varier par exemple de 2 pouces (50 mm) pour du 20 carbure de silicium à 12 pouces (300 mm) pour certains substrats de silicium, la largeur de cette couronne 3 est régulièrement de quelques millimètres. En outre, cette largeur peut varier, c'est à dire qu'elle peut être de 1 mm d'un côté du substrat et atteindre 4 mm de 25 l'autre côté, par exemple.

L'apparition de cette couronne lors du transfert de couches a plusieurs origines que l'on détaillera ci-après. On citera notamment l'existence de chanfreins sur les substrats utilisés, les variations de 30 l'énergie de collage, les techniques de collage employées et enfin, certaines étapes agressives des procédés de fabrication de substrats.

Afin d'expliquer l'apparition de cette couronne, on se référera maintenant à la figure 3 jointe 35 qui représente de façon schématique et en coupe, une partie des bords de deux substrats collés l'un sur

l'autre par adhésion moléculaire, à savoir un substrat source 4 duquel sera découpée la future couche utile et un substrat support 5 destiné à recevoir cette couche utile. Cette figure illustre l'état de la technique.

5 Dans la suite de la description et des revendications, les substrats sont considérés comme étant de forme circulaire car c'est la forme qu'ils présentent le plus couramment. Toutefois, ils pourraient présenter d'autres formes.

10 Le substrat source 4 présente deux faces opposées, parallèles entre elles dont une seule référencée 400, dite "face avant", est représentée sur la figure 3. Cette face avant 400 est destinée à être collée sur le support 5. Le substrat source 4 présente 15 en outre un bord latéral 41, perpendiculaire au plan de ladite face avant 400.

De plus, le substrat 4 a subit un traitement permettant la formation d'une zone de fragilisation 42 délimitant en deux parties, d'une part, une partie 20 arrière et d'autre part, une couche utile 43 destinée à être reportée ultérieurement sur le support 5.

Dans la suite de la description et des revendications l'expression "couche utile" désigne une couche reportée d'épaisseur variable, selon qu'elle est 25 obtenue par exemple par un procédé d'implantation d'espèces atomiques ou par ponçage et/ou gravure chimique comme cela sera décrit ultérieurement.

Actuellement, les substrats utilisés aussi bien comme substrat source que comme substrat support 30 sont des substrats commerciaux répondant à des normes standardisées, (par exemple les normes SEMI pour un substrat en silicium), liées en grande partie à l'acceptation de ces substrats sur les équipements du plus grand nombre possible d'utilisateurs.

35 Selon ces normes, le substrat 4 présente au niveau de l'intersection entre le bord latéral 41 et la

face avant 400, un chanfrein annulaire primaire 44 ou tombée de bord primaire faisant un angle  $\alpha$  important (voisin de  $45^\circ$ ) avec le plan de ladite face avant 400 et plus précisément avec sa zone centrale rigoureusement 5 plane 40 comme cela sera précisé ultérieurement. Ce chanfrein primaire 44 s'étend sur une largeur  $L$  en direction radiale. Cette largeur  $L$  varie de 100 à 500  $\mu\text{m}$  suivant les différents substrats. Ce chanfrein primaire 44 a pour but de limiter les risques de rupture 10 mécanique et d'ébréchures du substrat source 4.

De façon similaire à ce qui vient d'être décrit pour le substrat source 4, le substrat support 5 présente une face avant 500, un bord latéral 51 et un chanfrein primaire 54.

15 Lorsque l'on colle les substrats 4 et 5 l'un contre l'autre, le collage n'a pas lieu au niveau des chanfreins 44 et 54, du fait de l'importance de l'angle  $\alpha$ . On pourrait donc s'attendre à ce que la largeur de la couronne corresponde à la largeur  $L$  de ces chanfreins 20 primaires 44 et 54. Or, on constate en pratique, qu'elle est beaucoup plus large.

On a observé que la face avant 400 du substrat 4 présente en fait deux zones, à savoir une première zone rigoureusement plane 40, située sensiblement au 25 centre dudit substrat 4 et dénommée ultérieurement "zone centrale plane" et une seconde zone 45 entourant la première.

La seconde zone 45 est un chanfrein annulaire secondaire ou tombée de bord secondaire, formant un 30 angle  $\beta$  avec le plan de la zone centrale 40. Cet angle  $\beta$  est très faible, généralement inférieur à  $1^\circ$ , de sorte que le chanfrein secondaire 45 constitue plutôt une légère déviation par rapport au plan de la zone centrale 40. Ce chanfrein secondaire 45 s'étend entre la zone 35 plane 40 et le chanfrein primaire 44.

Dans la suite de la description et des revendications, l'expression "plane" signifie d'une planéité satisfaisante pour le collage et l'expression "zone centrale" désigne une zone située sensiblement au centre de la face avant du substrat, mais qui pourrait toutefois être légèrement excentrée sur cette face.

On notera que la figure 3 et les suivantes ne sont que des schémas et que l'angle  $\beta$  est représenté fortement agrandi par rapport à ce qu'il est réellement, 10 à des fins de clarification.

Plus précisément, le chanfrein secondaire 45 constitue une tombée de bord moins franche que le chanfrein primaire 44 et qui apparaît au cours des différentes étapes de mise en forme du substrat (étapes 15 de rodage, polissage, gravure chimique), ces dernières produisant un effet de gravure et d'enlèvement de matière plus important sur le bord du substrat. Ce chanfrein secondaire 45 n'est pas soumis à des normes.

Ainsi, sa largeur  $L'$  prise en direction radiale, varie 20 d'environ 500 à 3000  $\mu\text{m}$ . Ce chanfrein secondaire 45 est une zone mal définie dont les dimensions ne sont ni contrôlées, ni complètement reproductibles d'un substrat à l'autre. En outre la valeur de l'angle  $\beta$  fluctue également, de sorte que ce chanfrein secondaire 45 n'est 25 pas plan comme représenté schématiquement sur la figure 3 mais peut être bombé ou irrégulier par endroits.

En conséquence, en réalité (et contrairement à ce qui a été représenté de façon schématique sur les figures), le bord du substrat source 4 n'est pas formé 30 de plusieurs pans coupés mais présente plutôt une forme arrondie, c'est à dire sans arêtes entre le chanfrein secondaire 45 et le chanfrein primaire 44 et entre ce dernier et le bord latéral 41.

De façon similaire à ce qui vient d'être 35 décrit pour le substrat source 4, le substrat support 5 présente une zone centrale plane 50 et un chanfrein

secondaire 55 sensiblement annulaire, mais présentant les mêmes irrégularités que le chanfrein secondaire 45.

Or, le collage par adhésion moléculaire est une technique qui tolère très mal les surfaces non planes et l'existence de ces chanfreins secondaires 45, 55 conduit à un collage et à un transfert de couche de mauvaise qualité dans cette zone, d'où l'apparition d'une couronne périphérique.

Une deuxième cause de l'apparition de cette couronne est que d'une manière générale, l'énergie de collage entre deux faces en regard diminue lorsqu'on se déplace du centre vers le bord du substrat, en passant par des niveaux de collage plus ou moins élevés. En d'autres termes, l'énergie de collage est toujours plus faible à la périphérie des substrats.

L'énergie de collage fluctue également en fonction de paramètres tels que la rugosité, la planéité et la nature chimique des surfaces en contact, la présence de particules etc. Ces paramètres peuvent eux aussi varier de manière moins bien contrôlée sur les bords des substrats.

En outre, l'énergie de collage dépend également de l'effort de déformation du substrat source et du support lorsqu'ils sont appliqués l'un contre l'autre. Dans le cas d'un collage avec initiation du collage sur l'un des bords, on observe que l'énergie de collage est moins forte sur la partie finale de l'onde de collage, que sur la partie initiale ou la partie centrale. En conséquence, dans la zone finale de collage, la couronne est souvent plus irrégulière et/ou plus large et/ou plus fragile.

Enfin, une troisième cause possible de formation de la couronne est l'emploi de certaines étapes agressives au cours des procédés de fabrication des substrats.

Ainsi, dans les procédés de fabrication des substrats connus sous l'acronyme "BESOI", de la terminologie anglo-saxonne "bond and etch back silicon-on insulator", on colle un substrat source dont au moins 5 l'une des faces est recouverte d'une couche d'oxyde, sur un substrat support. La surface exposée du substrat source est ensuite soumise à un traitement de ponçage et/ou gravure par attaque chimique puis polissage jusqu'à ce que ledit substrat source devienne une couche 10 utile.

Dans ce type de procédé faisant intervenir une attaque chimique (avec le risque de délamination partielle de l'interface de collage), des oxydations affectant de manières diverses les parties latérales et 15 frontales du substrat source, et des efforts mécaniques de ponçage, la couronne aura tendance à s'élargir.

De même, dans les procédés faisant intervenir un détachement de couche par fracture le long d'une zone de fragilisation, on constate que sur les bords, le 20 détachement aura tendance à se faire au niveau de l'interface de collage et non au niveau de la zone de fragilisation, ce qui entraîne la formation d'une couronne annulaire de surface importante.

Ainsi, et en faisant toujours référence à la 25 figure 3, dans le cas particulier où la zone de fragilisation 42 est formée par implantation d'hydrogène, on a constaté, lors du traitement ultérieur permettant d'effectuer le détachement de la couche utile 43 du reste du substrat source 4, que l'expansion des 30 bulles d'hydrogène exerce une poussée sensiblement perpendiculaire au plan du chanfrein secondaire 45. Or, dans cette zone, cette poussée n'est pas compensée par l'existence d'une surface directement en contact et contre laquelle ledit chanfrein secondaire viendrait 35 pousser, puisque le chanfrein secondaire 55 est écarté d'un angle de  $2\beta$  du chanfrein secondaire 45. De ce

fait, il se forme des bulles à la surface du chanfrein secondaire 45 et ces bulles diminuent encore la force de collage entre les chanfreins secondaires 45 et 55.

Plusieurs inconvénients sont associés à 5 l'existence de cette couronne périphérique.

Tout d'abord, le bord de la couche utile reportée délimitant cette couronne est fragile et peut s'effriter au fur et à mesure des traitements que subit le substrat final. Outre que de précieux millimètres de 10 couche utile disparaissent encore au fur et à mesure du procédé de réalisation des composants, l'effritement de cette couche produit des particules qui sont une source de pollution pénalisante pour les rendements de fabrication des circuits de ces composants. A titre 15 d'exemple, on considère qu'une particule d'un diamètre de l'ordre de  $0,1 \mu\text{m}$  suffit à détruire un circuit de  $0,25 \mu\text{m}$ .

Enfin, cette couronne est irrégulière comme expliqué précédemment et sa largeur peut varier 20 d'environ 1 à 4 mm d'un bord à l'autre du substrat, ce qui entraîne des problèmes de reproductibilité des différentes étapes d'un procédé industriel lorsqu'un tel substrat est utilisé dans une chaîne de production.

La présente invention a pour but de remédier 25 aux inconvénients précités et notamment de rendre régulier et lisse le rebord ou chant périphérique de la couche utile reportée sur un support, lors d'un procédé de transfert de couche.

A cet effet, l'invention concerne un procédé 30 permettant de lisser le contour d'une couche utile de matériau, reportée sur un substrat support lors de la fabrication d'un substrat composite pour l'électronique, l'optique ou l'optoélectronique, ce procédé comprenant au moins une étape de collage par adhésion moléculaire 35 de l'une des faces d'un substrat source, dite "face avant", sur la face en regard dudit substrat support,

dite "face de réception" et une étape de report sur ledit substrat support, d'une couche utile provenant dudit substrat source.

Conformément à l'invention, avant ladite étape 5 de collage, au moins l'une des faces entre ladite face avant du substrat source et ladite face de réception du support subit une opération d'usinage destinée à former un épaulement sur au moins une partie de sa périphérie, cet épaulement délimitant une zone intérieure en saillie 10 qui possède une face supérieure dont le contour est régulier, de sorte qu'après le collage, ladite couche utile est reportée sur ledit substrat support, en présentant un contour régulier.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses 15 et non limitatives de l'invention prises seules ou en combinaison :

- avant l'opération d'usinage, la face avant du substrat source et la face de réception du substrat support sont bordées par un chanfrein primaire et 20 présentent une zone centrale rigoureusement plane, dite "zone plane" et une zone intermédiaire, dite "chanfrein secondaire", située entre ledit chanfrein primaire et ladite zone plane, l'étape d'usinage de l'épaulement est effectuée uniquement sur l'un ou sur l'autre desdits 25 substrats et les dimensions du contour de ladite face supérieure de la zone en saillie du substrat ayant subi l'usinage sont inférieures ou égales aux dimensions du contour extérieur de la zone de chanfrein secondaire du substrat situé en regard, ladite face supérieure étant 30 collée sur le substrat situé en regard, de façon que son contour soit inscrit à l'intérieur du contour extérieur de ladite zone de chanfrein secondaire ;

- les dimensions du contour de ladite face supérieure de la zone en saillie du substrat ayant subi 35 l'usinage sont inférieures ou égales aux dimensions du contour extérieur de la zone plane du substrat situé en

regard, ladite face supérieure étant collée sur le substrat situé en regard, de façon que son contour soit inscrit à l'intérieur du contour extérieur de ladite zone plane ;

5 - la face supérieure de la zone en saillie du substrat ayant subi l'usinage est collée sur le substrat situé en regard, de façon qu'elle soit centrée par rapport à la zone de chanfrein secondaire ou à la zone plane de celui-ci ;

10 - le chant latéral de la zone en saillie est sensiblement perpendiculaire au plan de la face supérieure de celle-ci ;

- l'étape d'usinage de l'épaulement est effectuée sur la face avant du substrat source ;

15 - le procédé consiste avant l'étape de collage, à former une zone de fragilisation à l'intérieur dudit substrat source, ladite couche utile s'étendant entre cette zone de fragilisation et la face avant dudit substrat et après l'étape de collage, à 20 effectuer le détachement de ladite couche utile du reste du substrat source, le long de cette zone de fragilisation ;

- l'opération d'usinage de l'épaulement sur la face avant du substrat source est effectuée avant ou au 25 contraire après l'étape de formation de la zone de fragilisation ;

- la hauteur de la zone en saillie du substrat source est supérieure ou égale à l'épaisseur de ladite couche utile ;

30 - la hauteur de ladite zone en saillie est très nettement supérieure à l'épaisseur de ladite couche utile et après l'étape de détachement de ladite couche utile du reste du substrat source, on effectue au moins une fois le cycle suivant d'opérations, consistant à :

35 - a) former une zone de fragilisation à l'intérieur de ladite zone en saillie, la couche utile

s'étendant entre cette zone de fragilisation et la face supérieure de la zone en saillie, (cette étape étant éventuellement précédée d'une étape de retouche de la face supérieure de la zone en saillie) ;

5 - b) coller par adhésion moléculaire cette face supérieure, sur la face de réception dudit substrat support, de façon que son contour soit inscrit à l'intérieur du contour extérieur de ladite zone de chanfrein secondaire dudit support,

10 - c) détacher ladite couche utile du reste du substrat source, le long de cette zone de fragilisation ;

15 - ladite zone de fragilisation est formée par implantation d'espèces atomiques ou est formée d'une couche poreuse ;

- la hauteur de ladite zone en saillie est supérieure ou égale à 10 nm, de préférence supérieure ou égale à 200 nm ;

20 - le détachement de la couche utile est effectué par au moins l'une des techniques suivantes prises seules ou en combinaison, parmi l'application de contraintes d'origine mécanique ou électrique, l'apport d'énergie thermique et la gravure chimique ;

25 - le substrat support est réalisé dans un matériau semi-conducteur ou non, choisi de préférence parmi le silicium, un substrat transparent, le carbure de silicium, l'arséniure de gallium, le phosphure d'indium ou le germanium ;

30 - le substrat source est réalisé de préférence dans un matériau semi-conducteur, choisi notamment parmi le silicium, le germanium, les composés de silicium et de germanium, le carbure de silicium, le nitrure de gallium, l'arséniure de gallium ou le phosphure d'indium ;

35 - au moins l'une des faces entre la face avant du substrat source et la face de réception du substrat

support qui sont collées l'une contre l'autre est recouverte d'une couche d'un matériau isolant.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préféré de l'invention. Cette description est établie en faisant référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma en coupe verticale diamétrale d'un substrat de type "SOI" ;
- 10 - la figure 2 est un schéma représentant en vue de dessus le substrat de la figure 1 ;
- la figure 3 est un schéma représentant en coupe verticale et de façon partielle, un substrat source et un substrat support, collés l'un sur l'autre 15 selon la technique de l'art antérieur ;
- les figures 4, 5 et 6 sont des schémas représentant en coupe verticale et de façon partielle, plusieurs variantes de réalisation d'un substrat source et d'un substrat support, prêts à être collés l'un 20 contre l'autre, selon le procédé de l'invention ; et
- la figure 7 est un schéma illustrant en vue de dessus et à une échelle différente des précédentes figures, un substrat composite comprenant un support recouvert d'une couche utile, obtenu par le procédé de 25 l'invention.

L'invention a pour but d'améliorer les procédés de fabrication d'un substrat composite, tels que les procédés précédemment décrits et qui comprennent au moins une étape de collage par adhésion moléculaire 30 de l'une des faces d'un substrat source sur une face en regard d'un substrat support et une étape de report d'une couche utile issue du substrat source, sur le substrat support.

De tels substrats composites comprennent ainsi 35 au moins une couche utile issue d'un substrat source, reportée sur un substrat support.

Selon les caractéristiques du procédé de l'invention, avant l'étape de collage par adhésion moléculaire précitée, on fait subir à l'une des faces du substrat source ou du substrat support destinées à être 5 collées l'une contre l'autre, voire même aux deux, une opération d'usinage permettant de former sur cette face, un épaulement. Cet épaulement délimite une zone intérieure (c'est-à-dire sensiblement centrale) en saillie présentant un chant latéral et dont la face 10 supérieure est plane ou quasiment plane.

Ainsi, lors du collage ultérieur, cette zone supérieure plane de la saillie adhère soit sur une zone également rigoureusement plane du substrat placé en regard, soit sur une zone écartée seulement d'un faible 15 angle  $\beta$  avec ladite zone plane, comme cela sera décrit en détail ultérieurement. Le collage s'en trouve donc amélioré.

En outre, inversement, la zone annulaire entourant la saillie ne vient pas du tout au contact du 20 substrat placé en regard. Il s'en suit une délimitation beaucoup plus franche, plus nette, entre d'une part, les zones des deux substrats en regard qui adhèrent l'une à l'autre et d'autre part, les zones qui n'adhèrent pas du tout l'une contre l'autre.

25 En se référant maintenant à la figure 4, on peut voir un premier mode de réalisation de l'invention, dans lequel seul le substrat source 6 (duquel sera prélevée ultérieurement une couche utile) présente une zone en saillie.

30 Ce substrat source 6, généralement circulaire possède un bord latéral 60.

Avant l'étape de collage, la face avant 600 du substrat source 6, (c'est à dire la face destinée à être 35 collée contre le substrat support 7) a été usinée, de façon à présenter un épaulement 61 sur au moins une partie de sa périphérie et généralement sur la totalité

ou la quasi-totalité de celle-ci (à l'exception parfois d'une zone dénommée "méplat" ou "encoche" - du terme anglais "notch" - qui permet de repérer les plans cristallographiques).

5 L'épaulement 61 est avantagereusement obtenu par gravure, (notamment gravure localisée), par rodage ou polissage localisé sur le bord. Dans le cas du rodage, on adapte par exemple la forme de l'outil utilisé pour la réalisation du chanfrein primaire à la forme de 10 l'épaulement. Ces techniques sont connues de l'homme du métier et ne seront pas décrites plus en détail.

Cet épaulement 61 délimite une zone intérieure en saillie 62 présentant un chant latéral 63 et une face avant référencée 620. La face 620 est destinée à être 15 collée sur la face 700 du support 7, dite "face de réception".

Cette face 620 est généralement plané (comme représenté en traits pleins sur la figure 4). Toutefois, lorsque l'épaulement 61 a été usiné à partir d'un 20 substrat source 6 présentant un chanfrein secondaire, la face 620 peut ne pas être rigoureusement plane et présenter à sa périphérie, un résidu de chanfrein secondaire, c'est à dire une zone annulaire 620' formant un angle  $\beta$  très faible avec le plan de la zone centrale 25 plane 620.

Toutefois la largeur  $L''$  de cette zone 620' étant faible, l'angle  $\beta$  l'étant également, la hauteur  $h$  correspondant à l'écart, au niveau du chant 63, entre la zone 620' et le plan (horizontal sur la figure) de la 30 surface 620, est également très faible. On peut donc considérer que cette surface 620 est quasiment plane.

La surface du substrat source 6 qui entoure la zone en saillie 62, est dénommée "surface en retrait" et porte la référence numérique 64. La face 620 (incluant 35 éventuellement la zone 620') est dénommée "face supérieure" par opposition à cette surface en retrait.

Dans la suite de la description et des revendications, à des fins de simplification, on fera uniquement référence à la face supérieure plane 620, même si elle inclut une portion légèrement inclinée 620'.

5 De façon avantageuse, le chant latéral 63 est perpendiculaire ou sensiblement perpendiculaire au plan de la face supérieure 620.

De préférence, mais de façon non obligatoire, le substrat source 6 présente la forme d'un disque, la 10 zone en saillie 62 est cylindrique et la surface en retrait 64 est annulaire.

La figure 5 illustre un deuxième mode de réalisation de l'invention, inverse de celui qui vient d'être décrit, dans lequel la face avant 600 du substrat 15 source 6 ne présente pas de partie en saillie, alors que la face de réception 700 du substrat support 7 en présente une. On notera toutefois que la couche utile 66 sera toujours prélevée ultérieurement à partir du substrat source 6.

20 Dans ce cas, et de façon similaire à ce qui vient d'être décrit pour le substrat source 6, le substrat support 7 présente un bord latéral 70; un épaulement 71, et une surface en retrait 74, une zone intérieure en saillie 72 présentant un chant latéral 73 25 et une face supérieure plane 720 ou quasiment plane. Les modes d'obtention de ces différentes parties et leurs caractéristiques géométriques sont identiques à celles qui viennent d'être décrites pour le substrat source 6.

Il serait également possible d'usiner une zone 30 en saillie sur la face avant 600 du substrat source 6 et simultanément sur la face de réception 700 du substrat support 7.

On notera toutefois que pour des raisons liées 35 notamment au fait que le substrat composite obtenu à l'issue du procédé de fabrication, (c'est à dire après le détachement de la couche utile 66), doit de façon

avantageuse, ne plus présenter d'épaulement, l'usinage de la zone en saillie est de préférence effectué sur le substrat source 6.

La hauteur de la zone en saillie 62 du substrat source 6 porte la référence numérique  $H_6$ , tandis que la hauteur de la zone en saillie 72 du substrat source 7 porte la référence  $H_7$ .

De façon avantageuse, ces hauteurs  $H_6$  ou  $H_7$  sont au moins égales à 10 nm, de façon à avoir une délimitation nette entre la face supérieure plane 620 qui va adhérer au substrat support 7 et la surface en retrait 64 qui n'y adhérera pas, (respectivement entre la face supérieure plane 720 qui va adhérer au substrat source 6 et la surface en retrait 74, qui n'y adhérera pas).

En pratique, lors de la fabrication industrielle, ces hauteurs  $H_6$  ou  $H_7$  seront généralement au moins égales à 200 nm.

Les dimensions latérales des zones en saillie 62 et 72 peuvent également varier comme cela sera décrit ultérieurement.

Le prélèvement de la couche utile depuis le substrat source 6 peut s'effectuer de plusieurs façons qui vont maintenant être décrites.

Selon une première variante de réalisation, préalablement à l'étape de collage par adhésion moléculaire des substrats 6 et 7 l'un sur l'autre, on forme à l'intérieur du substrat source 6, une zone de fragilisation 65, de façon à définir et délimiter la couche utile 66 reportée ultérieurement sur le support 7. Après le collage, le détachement de ladite couche utile 66 du reste du substrat source 6 s'effectuera le long de cette zone de fragilisation 65.

Sur les figures 4, 5 et 6, afin d'en améliorer la lisibilité, la couche utile 66 a été représentée beaucoup plus épaisse qu'elle ne l'est réellement. Ces

figures ne sont que des schémas sur lesquels les substrats 6 et 7 et leurs découpes géométriques ne sont pas représentés à l'échelle réelle.

Les techniques pour former cette zone de fragilisation 65 sont connues de l'homme du métier et ne seront pas toutes décrites en détail.

De façon avantageuse, cette zone de fragilisation 65 est formée par implantation d'espèces atomiques depuis la face avant 600.

Par implantation d'espèces atomiques, on entend tout bombardement d'espèces atomiques, moléculaires ou ioniques, susceptible d'introduire ces espèces dans un matériau, avec un maximum de concentration de ces espèces situé à une profondeur déterminée par rapport à la surface bombardée 600. Les espèces atomiques moléculaires ou ioniques sont introduites dans le matériau avec une énergie également distribuée autour d'un maximum.

L'implantation des espèces atomiques dans ledit substrat source 6 peut être réalisée par exemple, grâce à un implanteur par faisceau d'ions ou un implanteur par immersion dans un plasma.

De préférence, cette implantation est réalisée par bombardement ionique. De préférence, l'espèce ionique implantée est de l'hydrogène. D'autres espèces ioniques peuvent avantageusement être utilisées seules ou en combinaison avec l'hydrogène, telles les gaz rares (l'hélium par exemple).

Cette implantation a pour effet de créer dans le volume du substrat source 6 et à une profondeur moyenne de pénétration des ions, la zone de fragilisation 65, sensiblement parallèlement au plan de la face avant 600. La couche utile 66 s'étend depuis la face avant 600, jusqu'à cette zone de fragilisation 65.

On pourra par exemple se référer à la littérature concernant le procédé connu sous la marque déposée « Smart Cut » .

La zone de fragilisation 65 peut également 5 être constituée par une couche poreuse obtenue, par exemple, par le procédé connu sous la marque déposée "ELTRAN" de la société Canon, décrit dans le document EP-0 849 788.

Dans le cas illustré sur les figures 4 et 5 où 10 la zone en saillie 62 est formée sur le substrat source 6, on notera que l'opération d'usinage de l'épaulement 61 peut être effectuée avant ou après l'étape de formation de la zone de fragilisation 65.

Ce choix sera effectué par le fabricant. En 15 pratique, dans une chaîne de fabrication, l'opération d'usinage génère des poussières et sera donc avantageusement regroupée avec les opérations de même nature, par exemple la formation du chanfrein primaire. Dans ce cas, la formation de la zone de fragilisation 65 20 aura lieu après l'usinage. Dans le cas où la fragilisation est effectuée sur une surface présentant un épaulement 61, la surface en retrait 64 présentera également une zone de fragilisation.

Au contraire, si l'on forme la zone de 25 fragilisation 65 avant l'usinage de l'épaulement, c'est à dire sur une surface sensiblement plane (en faisant abstraction de la zone de chanfrein secondaire) et que l'on effectue l'usinage de l'épaulement après (et à condition, comme illustré sur la figure 4 que la hauteur 30  $H_6$  de la partie en saillie 62 soit supérieure à l'épaisseur  $E$  de la couche utile 66), on obtient une zone de fragilisation 65 uniquement sur la partie en saillie 62, ce qui peut être avantageux. En effet, on élimine alors une zone périphérique fragilisée pouvant 35 générer des particules.

Après l'étape de collage, la couche utile 66 est détachée du reste du substrat source 6, par au moins l'une des techniques suivantes prises seules ou en combinaison parmi : l'application de contraintes 5 d'origine mécanique ou électrique, l'apport d'énergie thermique et la gravure chimique. Ces techniques permettant le détachement sont connues de l'homme du métier et ne seront pas décrites plus en détail. On obtient ainsi un substrat composite comprenant une 10 couche utile 66 reportée sur un support 7.

Plus précisément, le détachement de la couche utile s'effectue le long de la zone de fragilisation 65. Dans le cas illustré sur les figures 4 ou 6, l'épaulement 61 est réalisé sur le substrat source 6, si 15 la hauteur  $H_6$  de la zone en saillie 62 est supérieure ou égale à l'épaisseur  $E$  de la couche utile 66, le détachement de la couche utile 66 s'effectue uniquement le long de la zone de fragilisation 65. Si par contre  $E$  est supérieure à  $H_6$ , alors le détachement de la couche 20 utile 66 s'effectue à la fois le long de la zone de fragilisation 65 et verticalement vers le haut dans le prolongement du chant 63.

Lorsque l'épaulement 71 est réalisé dans le substrat support 7, le détachement de la couche utile 66 25 s'effectue le long de la zone de fragilisation 65 et verticalement dans le prolongement du chant 73 de la partie en saillie 72.

On parle dans les deux cas précités "d'autodélimitation verticale" de la couche utile 66.

30 Enfin, selon une troisième variante de réalisation non représentée sur les figures, il est également possible d'obtenir la couche utile 66 par la technique, connue de l'homme du métier sous la terminologie anglo-saxonne de « Bond and Etch back », 35 selon laquelle après avoir collé la face avant 600 du substrat source 6 sur la face de réception 700 du

substrat support 7, on soumet la face arrière dudit substrat source 6 à un traitement de ponçage et/ou de gravure par attaque chimique puis de polissage, jusqu'à ce qu'il ne reste plus sur le support 7 que l'épaisseur 5 correspondant à ladite couche utile 66.

Dans le cas particulier de substrats « SOI » (Silicon On Insulator), il est possible d'obtenir la couche utile 66 par le procédé « BESOI », mentionné précédemment.

10 On va maintenant décrire certaines variantes de réalisation préférées concernant les dimensions et la forme de la zone en saillie.

En se référant maintenant à la figure 4, et comme décrit précédemment pour l'état de la technique 15 représenté à la figure 3, on peut voir que la face de réception 700 du substrat support 7 présente une zone centrale rigoureusement plane 77 et un chanfrein secondaire 78. En outre, le substrat support 7 présente un chanfrein primaire 79.

20 Comme cela apparaît mieux sur la figure 7, et comme cela est le cas le plus fréquent, le substrat support 7 est circulaire. De façon schématique, on a représenté sur cette figure, la zone centrale plane 77 également circulaire et les chanfreins primaire 79 et 25 secondaire 78 sensiblement annulaires. Toutefois, comme expliqué précédemment, le chanfrein secondaire 78 est irrégulier et sa largeur peut varier. Enfin, le support 7 et/ou la zone centrale plane 77 pourraient également être de forme ovale, octogonale ou rectangulaire, par 30 exemple et les chanfreins primaire 79 et secondaire 78 de formes variées correspondantes.

Dans la suite de la description, à des fins de simplification et comme représenté sur les figures, on considérera que les chanfreins primaire et secondaire 35 sont annulaires.

Comme on peut le voir sur les figures 4 et 7, le chanfrein secondaire 78 présente un contour intérieur  $C_7$ , et un contour extérieur  $C'_7$ . On notera que le contour intérieur  $C_7$  du chanfrein secondaire 78 constitue 5 également le contour extérieur de la zone centrale 77 plane.

Dans la variante représentée sur la figure 5, (et de façon similaire à ce qui vient d'être décrit pour la figure 4), lorsque la face avant 600 du substrat 10 source 6 ne présente pas d'épaulement, elle présente une zone centrale plane 67, un chanfrein secondaire 68 et un chanfrein primaire 69. En outre, le chanfrein secondaire 68 présente un contour intérieur  $C_6$  et un contour extérieur  $C'_6$ .

15 Les remarques faites précédemment pour le substrat support 7 sans saillie (voir la figure 4) s'appliquent au substrat source 6 sans saillie de la figure 5.

20 Les dimensions latérales de la partie en saillie 62 du substrat source 6 peuvent varier comme cela va maintenant être décrit en faisant référence aux figures 4 et 6.

Selon une première variante de réalisation 25 illustrée sur la figure 4, les dimensions du contour extérieur  $C''_6$  de la face supérieure 620 sont inférieures ou égales aux dimensions du contour extérieur  $C'_7$ , de la zone de chanfrein secondaire 78 du substrat support 7. Ainsi, l'aire de la face supérieure 620 est inférieure ou égale à l'aire de la face de réception 700.

30 Lorsque la face supérieure 620 et la face de réception 700 sont circulaires, c'est le diamètre  $D''_6$  de la face supérieure 620 qui est inférieur ou égal au diamètre  $D'_7$ , de la face de réception 700, cette dernière incluant la face centrale 77 et le chanfrein secondaire 35 78.

Enfin, le substrat source 6 est collé sur le substrat support 7 de façon que ledit contour  $C''_6$  soit inscrit à l'intérieur du contour extérieur  $C'_7$ , de ladite zone de chanfrein secondaire 78.

5 Ainsi, la face supérieure 620 de la partie en saillie 62 se trouve collée sur la zone centrale plane 77 et éventuellement sur la zone de chanfrein secondaire 78 formant un angle  $\beta$  avec le plan de ladite face 620. Il en résulte un collage de meilleure qualité que dans  
10 l'état de la technique illustré sur la figure 3 et présentant une énergie de liaison assez forte.

Selon une seconde variante de réalisation de l'invention illustrée sur la figure 6, les dimensions du contour extérieur  $C''_6$  de la face supérieure 620 sont  
15 inférieures ou égales aux dimensions du contour extérieur  $C_7$  de la zone plane 77 du support 7. Ainsi, l'aire de la face supérieure 620 est inférieure ou égale à l'aire de la zone plane 77.

Lorsque la face supérieure 620 et la zone  
20 centrale 77 sont circulaires, c'est le diamètre  $D''_6$  de la face supérieure 620 qui est inférieur ou égal au diamètre  $D_7$  de ladite zone plane 77.

On colle le substrat 6 sur le support 7 de façon que ledit contour  $C''_6$  soit inscrit à l'intérieur  
25 du contour extérieur  $C_7$  de ladite zone plane 77.

Ceci permet de réaliser un collage entre deux surfaces rigoureusement planes, à savoir la face supérieure 620 et la zone centrale plane 77 du support 7. Le collage s'en trouve encore renforcé par rapport à  
30 la variante qui vient d'être décrite. En pratique, comme la largeur du chanfrein secondaire 78 varie, on calculera les dimensions de l'épaulement 61 de façon que sa largeur soit vraiment supérieure à celle du chanfrein secondaire 78.

35 Enfin, de façon avantageuse, le substrat source 6 est collé sur le substrat support 7, de façon

que sa zone en saillie 62 soit centrée par rapport à celui-ci. En fonction des dimensions de cette zone en saillie 62, celle-ci sera centrée par rapport à la zone centrale plane 77 lorsqu'elle est de faibles dimensions 5 (voir figure 6) ou par rapport à la zone de chanfrein secondaire 78, lorsqu'elle est de dimensions plus importantes (voir figure 5). En pratique, les substrats 6 et 7 sont souvent de mêmes dimensions et on alignera leurs bords latéraux 60, 70.

10 De façon similaire et qui donc ne sera pas décrite en détail, les dimensions latérales de la partie en saillie 72 du substrat support 7 peuvent varier.

En se reportant à la figure 5, on constate que les dimensions du contour extérieur  $C''_7$ , (ou diamètre  $D''_7$ ) peuvent être inférieures ou égales aux dimensions du contour extérieur  $C'_6$  (ou diamètre  $D'_6$ ) de la zone de chanfrein secondaire 68 du substrat source 6, voire même (comme représenté en traits mixtes sur le support 7), inférieures ou égales aux dimensions du contour extérieur  $C_6$  (ou diamètre  $D_6$ ) de la zone plane 67. Dans ce dernier cas, le contour de la partie en saillie 72 porte la référence  $C''_7$ , (diamètre  $D''_7$ ).

De même, le support 7 peut être collé contre le substrat source 6, de façon que sa partie en saillie 25 72 soit centrée par rapport à celui-ci.

Quelle que soit la variante du procédé utilisée, c'est-à-dire que l'épaulement soit formé dans le substrat source 6 ou dans le substrat support 7 ou dans les deux, la présence de cet épaulement permet de 30 définir une transition plus franche entre une zone de collage fort, ce dernier étant réalisé entre deux surfaces planes ou quasiment planes et une zone d'absence de collage au niveau où au moins l'un des deux substrats 6 ou 7 présente une surface en retrait 64 35 ou 74.

En outre, les contours  $C''_6$  ou  $C'''_6$  de la surface supérieure 620 de la partie en saillie 62 (respectivement les contours  $C''$ , ou  $C'''$ , de la surface supérieure 720 de la partie en saillie 72) sont 5 réguliers et de ce fait la couche utile 66 reportée sur le support 7 présente un contour 660 régulier (voir figure 7). La couronne présente une largeur  $L_1$ .

De façon avantageuse, et dans le cas illustré sur les figures 4 et 6 où l'épaulement 61 est formé dans 10 le substrat source 6, la hauteur  $H_6$  de la zone en saillie 62 est supérieure ou égale à l'épaisseur  $E$  de la couche utile 66. A titre d'exemple, cette épaisseur  $E$  peut varier de 100 angströms à quelques micromètres ( $\mu m$ ).

15 Ainsi, lors du détachement, la couche utile 66 reportée présente les dimensions et la forme du contour  $C''_6$  de ladite zone en saillie 62.

Selon une autre variante avantageuse de l'invention et dans le cas où la couche utile 66 est 20 définie par l'existence d'une zone de fragilisation 65, il est possible d'usiner une seule fois à l'origine, un épaulement 61 d'une hauteur  $H_6$  suffisamment importante, c'est à dire très nettement supérieure à  $E$ , pour ensuite effectuer au moins une fois un cycle d'opérations 25 consistant à :

- former une zone de fragilisation 65 à l'intérieur de ladite zone en saillie 62,
- coller par adhésion moléculaire la face supérieure 620, sur la face de réception 700 dudit 30 substrat support 7 comme décrit précédemment, puis
  - détacher ladite couche utile 66 du reste du substrat source 7, le long de la zone de fragilisation 65.

On peut répéter cette opération tant que la 35 hauteur  $H_6$  permet de reporter une couche utile 66 de l'épaisseur  $E$  choisie. A titre d'exemple, dans ce cas,

la valeur de H est d'au moins 2000 nm, voire même plusieurs dizaines de micromètres ( $\mu\text{m}$ ).

De façon avantageuse, on peut effectuer une étape de retouche de la face supérieure 620 de la zone 5 en saillie 62, avant de former de nouveau la zone de fragilisation 65.

Toutefois, rien n'empêche évidemment de réaliser l'épaulement 61 et la zone de fragilisation 65 à chaque étape de report d'une couche utile 66.

10 Enfin, on donnera ci-après des exemples de matériaux auxquels s'applique ce procédé.

Le substrat support 7 est réalisé dans un matériau semi-conducteur ou non, choisi par exemple parmi le silicium, un substrat transparent, (tel que le 15 quartz ou le verre, par exemple) le carbure de silicium, l'arséniure de gallium, le phosphure d'indium ou le germanium.

De préférence, le substrat source 6 est réalisé dans un matériau semi-conducteur, choisi par 20 exemple parmi le silicium, le germanium, le carbure de silicium, les alliages ou "composés" de silicium et de germanium (connus sous le nom de « composés Si-Ge »), les alliages ou composés connus sous le nom de « composés III/V », c'est à dire des composés dont l'un 25 des éléments appartient à la colonne IIIa de la classification périodique des éléments et l'autre à la colonne Va, comme par exemple, le nitrure de gallium, l'arséniure de gallium ou le phosphure d'indium.

Enfin, on notera qu'il est possible de 30 recouvrir la face de réception 700 du support 7, d'une couche d'un matériau isolant du type oxyde (par exemple  $\text{SiO}_2$ ) ou nitrure (par exemple  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), cette couche d'isolant se trouvant alors intercalée entre la couche utile 66 et ce support 7, après le détachement de ladite 35 couche 66.

Il est possible de recouvrir la face avant 600 du substrat source 6, d'un matériau isolant du type précité, la couche utile 66 reportée comprenant alors deux couches.

5 Dans ce cas, ce dépôt de matériau isolant est effectué avant ou après la formation de la zone en saillie 62.

Il est également possible de déposer plusieurs couches sur le substrat source 6 et le terme « couche 10 utile » désigne alors un empilement de couches.

REVENDICATIONS

1. Procédé permettant de lisser le contour (660) d'une couche utile (66) de matériau, reportée sur un substrat support (7), lors de la fabrication d'un substrat composite pour l'électronique, l'optique ou 5 l'optoélectronique, ce procédé comprenant au moins une étape de collage par adhésion moléculaire de l'une des faces (600) d'un substrat source (6), dite "face avant", sur la face en regard (700) dudit substrat support (7), dite "face de réception" et une étape de report sur 10 ledit substrat support (7), d'une couche utile (66) provenant dudit substrat source (6), caractérisé en ce qu'avant ladite étape de collage, au moins l'une des faces entre ladite face avant (600) du substrat source (6) et ladite face de réception (700) du support (7) 15 subit une opération d'usinage destinée à former un épaulement (61, 71) sur au moins une partie de sa périphérie, cet épaulement (61, 71) délimitant une zone intérieure en saillie (62, 72) qui possède une face supérieure (620, 720) dont le contour ( $C''_6$ ,  $C'''_6$ ,  $C''_7$ , 20  $C'''_7$ ) est régulier, de sorte qu'après le collage, ladite couche utile (66) est reportée sur ledit substrat support (7), en présentant un contour (660) régulier.

2. Procédé selon la revendication 1, 25 caractérisé en ce qu'avant l'opération d'usinage, la face avant (600) du substrat source (6) et la face de réception (700) du substrat support (7) sont bordées par un chanfrein primaire (69, 79) et présentent une zone centrale rigoureusement plane (67, 77), dite "zone 30 plane" et une zone intermédiaire (68, 78), dite "chanfrein secondaire", située entre ledit chanfrein primaire (69, 79) et ladite zone plane (67, 77), en ce que l'étape d'usinage de l'épaulement (61, 71) est

effectuée uniquement sur l'un ou sur l'autre desdits substrats (6, 7) et en ce que les dimensions du contour ( $C''_6$ ,  $C'''_6$ ,  $C''_7$ ,  $C'''_7$ ) de ladite face supérieure (620, 720) de la zone en saillie (62, 72) du substrat (6, 7) ayant subi l'usinage sont inférieures ou égales aux dimensions du contour extérieur ( $C'_7$ ,  $C'_6$ ) de la zone de chanfrein secondaire (78, 68) du substrat (7, 6) situé en regard, ladite face supérieure (620, 720) étant collée sur le substrat (7, 6) en regard, de façon que son contour ( $C''_6$ ,  $C'''_6$ ,  $C''_7$ ,  $C'''_7$ ) soit inscrit à l'intérieur du contour extérieur ( $C'_7$ ,  $C'_6$ ) de ladite zone de chanfrein secondaire (78, 68).

3. Procédé selon la revendication 2,  
15 caractérisé en ce que les dimensions du contour ( $C'''_6$ ,  $C'''_7$ ) de ladite face supérieure (620, 720) de la zone en saillie (62, 72) du substrat (6, 7) ayant subi l'usinage sont inférieures ou égales aux dimensions du contour extérieur ( $C_7$ ,  $C_6$ ) de la zone plane (77, 67) du substrat (7, 6) situé en regard, ladite face supérieure (620, 720) étant collée sur le substrat (7, 6) situé en regard, de façon que son contour ( $C'''_6$ ,  $C'''_7$ ) soit inscrit à l'intérieur du contour extérieur ( $C_7$ ,  $C_6$ ) de ladite zone plane (77, 67).

25

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que la face supérieure (620, 720) de la zone en saillie (62, 72) du substrat (6, 7) ayant subi l'usinage est collée sur le substrat (7, 6) situé en regard, de façon qu'elle soit centrée par rapport à la zone de chanfrein secondaire (78, 68) ou à la zone plane (77, 67) de celui-ci.

5. Procédé selon la revendication 1,  
35 caractérisé en ce que le chant latéral (63, 73) de la zone en saillie (62, 72) est sensiblement

perpendiculaire au plan de la face supérieure (620, 720) de celle-ci.

6. Procédé selon l'une des revendications 5 précédentes, caractérisé en ce que l'étape d'usinage de l'épaulement (61) est effectuée sur la face avant (600) du substrat source (6).

7. Procédé selon la revendication 1, 10 caractérisé en ce qu'il consiste avant l'étape de collage, à former une zone de fragilisation (65) à l'intérieur dudit substrat source (6), ladite couche utile (66) s'étendant entre cette zone de fragilisation (65) et la face avant (600) dudit substrat (6) et après 15 l'étape de collage, à effectuer le détachement de ladite couche utile (66) du reste du substrat source (6), le long de cette zone de fragilisation (65).

8. Procédé selon les revendications 6 et 7, 20 caractérisé en ce que l'opération d'usinage de l'épaulement (61) sur la face avant (600) du substrat source (6) est effectuée avant l'étape de formation de la zone de fragilisation (65).

25 9. Procédé selon les revendications 6 et 7, caractérisé en ce que l'opération d'usinage de l'épaulement (61) sur la face avant (600) du substrat source (6) est effectuée après l'étape de formation de la zone de fragilisation (65).

30

10. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la hauteur ( $H_6$ ) de la zone en saillie (62) du substrat source est supérieure ou égale à l'épaisseur (E) de ladite couche utile (66).

35

11. Procédé selon les revendications 7 et 10, caractérisé en ce que la hauteur ( $H_6$ ) de ladite zone en saillie (62) est très nettement supérieure à l'épaisseur (E) de ladite couche utile (66) et en ce qu'après 5 l'étape de détachement de ladite couche utile (66) du reste du substrat source (6), on effectue au moins une fois le cycle suivant d'opérations, consistant à :

- a) former une zone de fragilisation (65) à l'intérieur de ladite zone en saillie (62), la couche 10 utile (66) s'étendant entre cette zone de fragilisation (65) et la face supérieure (620) de la zone en saillie (62),

- b) coller par adhésion moléculaire cette face supérieure (620), sur la face de réception (700) du 15 substrat support (7), de façon que son contour ( $C''_6, C'''_6$ ) soit inscrit à l'intérieur du contour extérieur ( $C'_7$ ) de la zone de chanfrein secondaire (78) dudit support (7),

- c) détacher ladite couche utile (66) du 20 reste du substrat source (6), le long de cette zone de fragilisation (65).

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que préalablement à l'étape a), on 25 effectue une étape de retouche de la face supérieure (620) de la zone en saillie (62).

13. Procédé selon la revendication 7, 8, 9 ou 11, caractérisé en ce que ladite zone de 30 fragilisation (65) est formée par implantation d'espèces atomiques.

14. Procédé selon la revendication 7, 8, 9 ou 11, caractérisé en ce que ladite zone de 35 fragilisation (65) est formée d'une couche poreuse.

15. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la hauteur ( $H_6$ ,  $H_7$ ) de ladite zone en saillie (62, 72) est supérieure ou égale à 10 nm.

5 16. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que la hauteur ( $H_6$ ,  $H_7$ ) de ladite zone en saillie (62, 72) est supérieure ou égale à 200 nm.

10 17. Procédé selon la revendication 7 ou 11, caractérisé en ce que le détachement de la couche utile (66) est effectué par au moins l'une des techniques suivantes prises seules ou en combinaison parmi l'application de contraintes d'origine mécanique ou électrique, l'apport d'énergie thermique et la gravure 15 chimique.

18. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le substrat support (7) est réalisé dans un matériau semi-conducteur ou non, choisi 20 parmi le silicium, un substrat transparent, le carbure de silicium, l'arséniure de gallium, le phosphure d'indium ou le germanium.

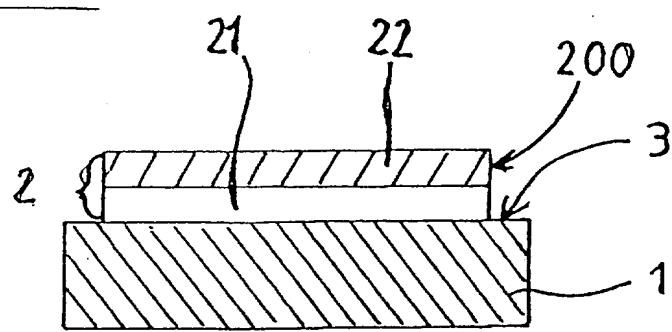
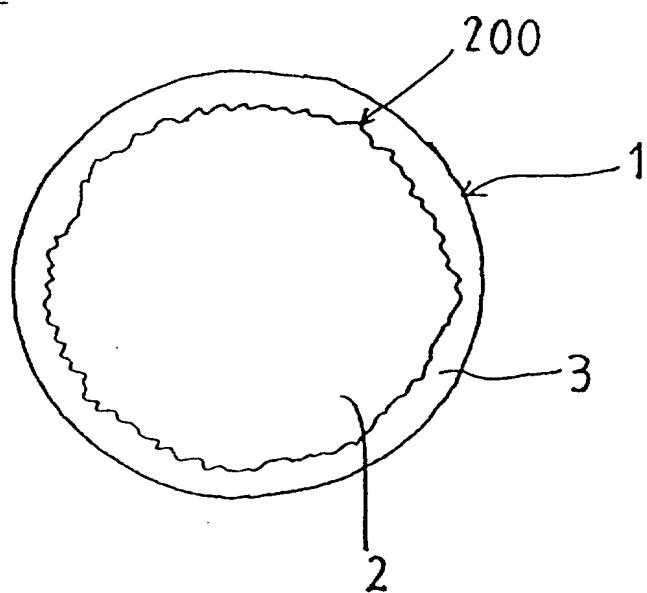
25 19. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le substrat source (6) est réalisé dans un matériau semi-conducteur.

20. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que le matériau du substrat source (6) 30 est choisi parmi le silicium, le germanium, les composés de silicium et de germanium, le carbure de silicium, le nitrure de gallium, l'arséniure de gallium ou le phosphure d'indium.

35 21. Procédé selon la revendication 1, 18, 19 ou 20, caractérisé en ce qu'au moins l'une des faces

entre la face avant (600) du substrat source (6) et la face de réception (700) du substrat support (7) qui sont collées l'une contre l'autre est recouverte d'une couche d'un matériau isolant.

1/4

FIG. 1FIG. 2

1 / 4

FIG.1

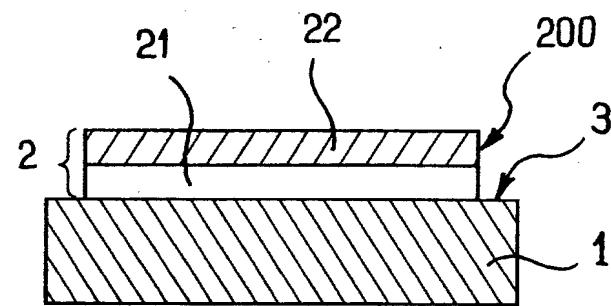
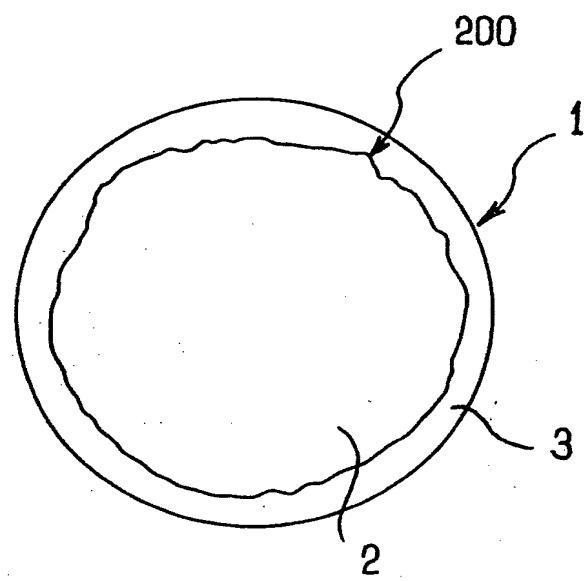
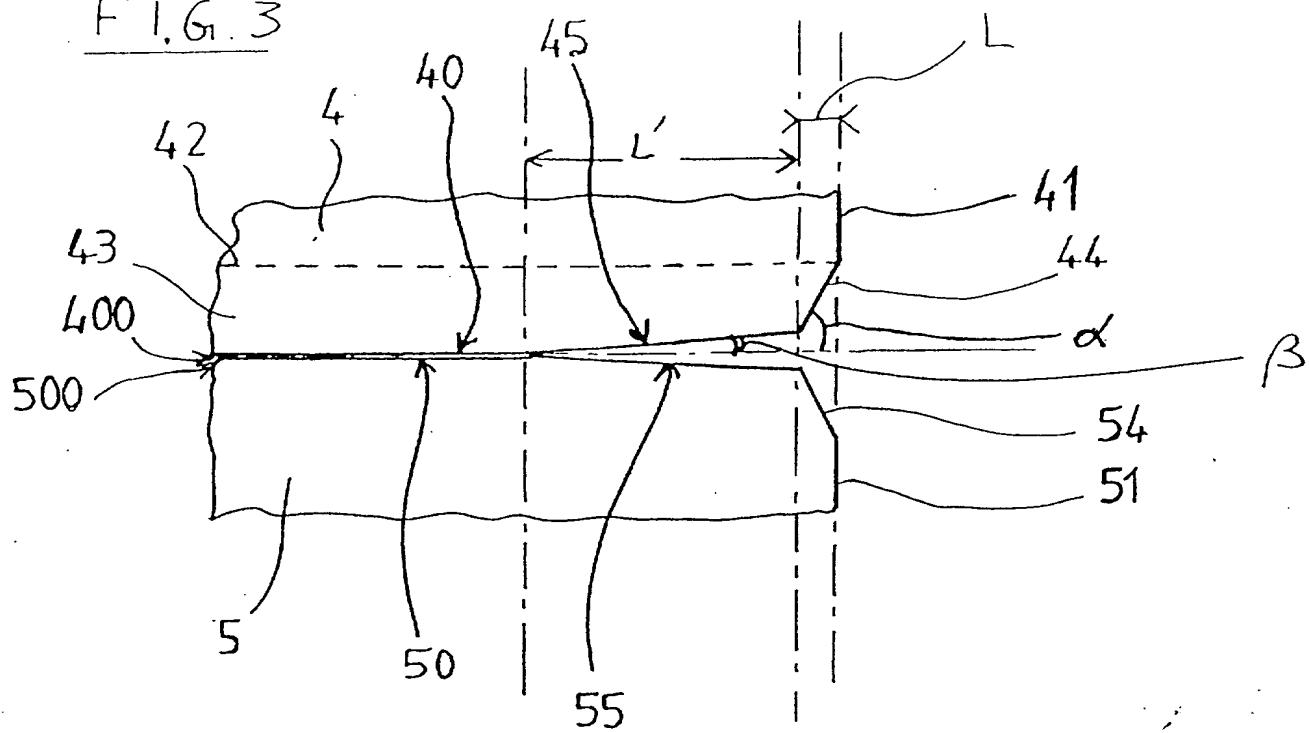
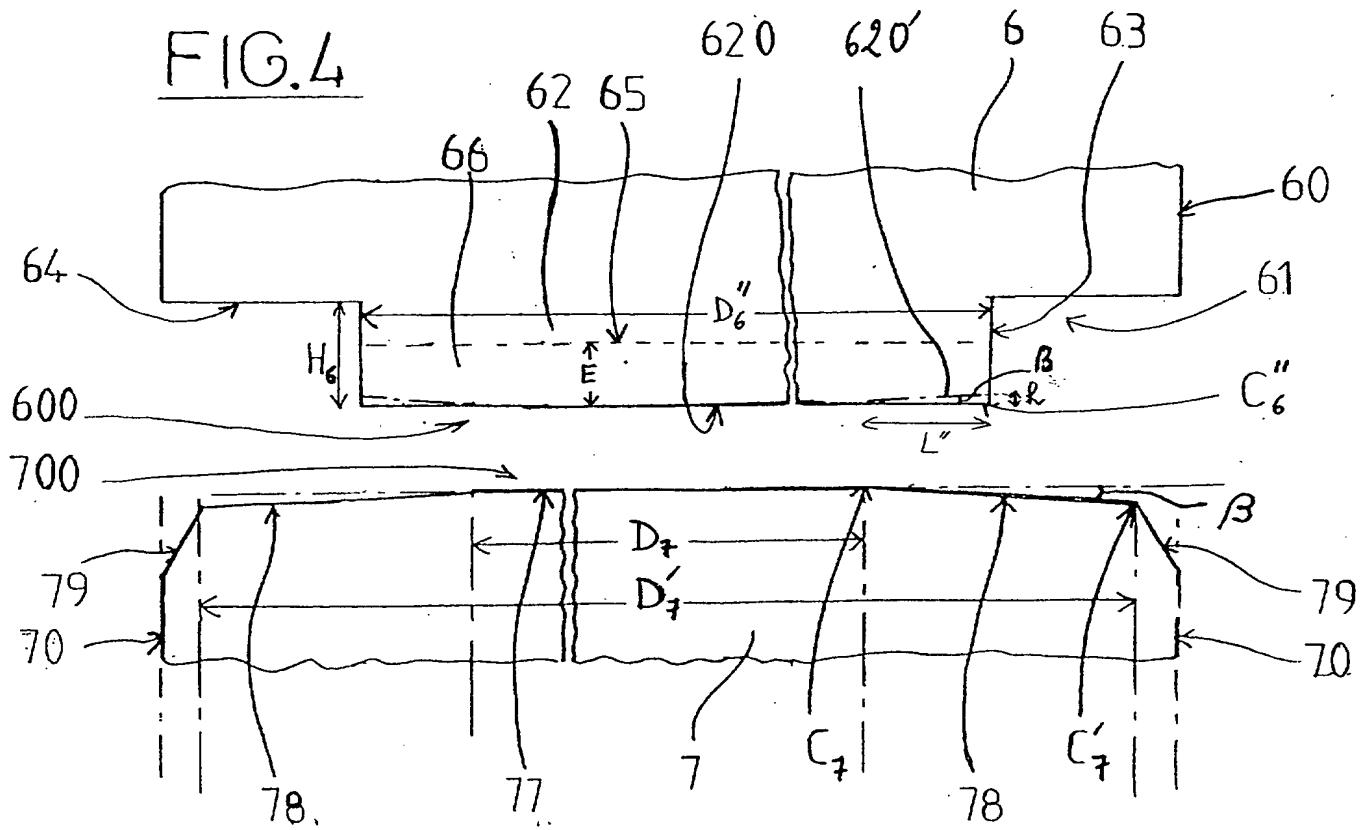


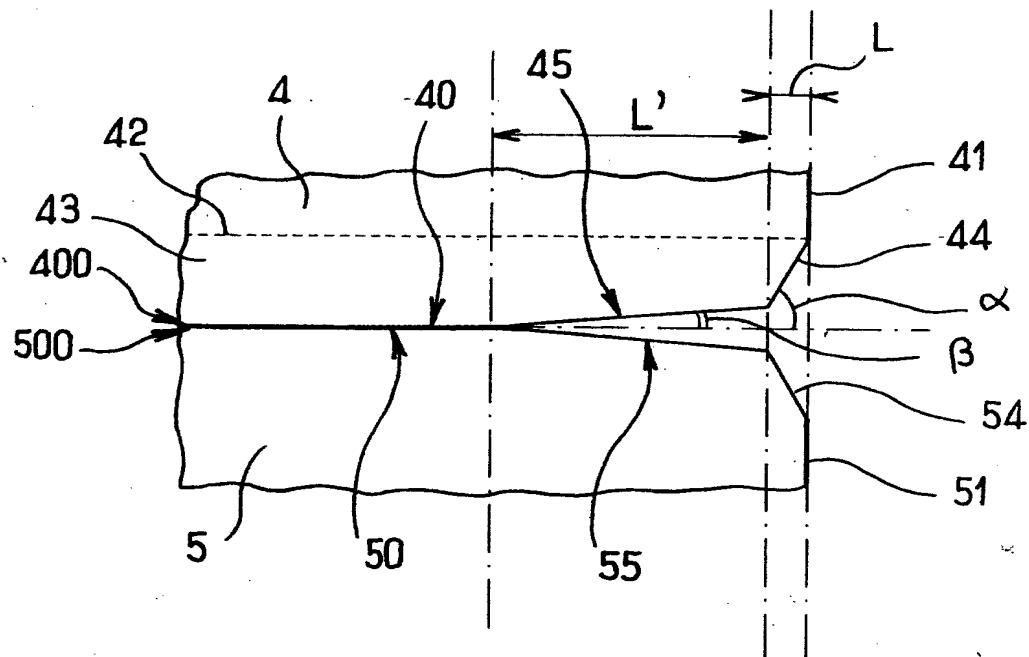
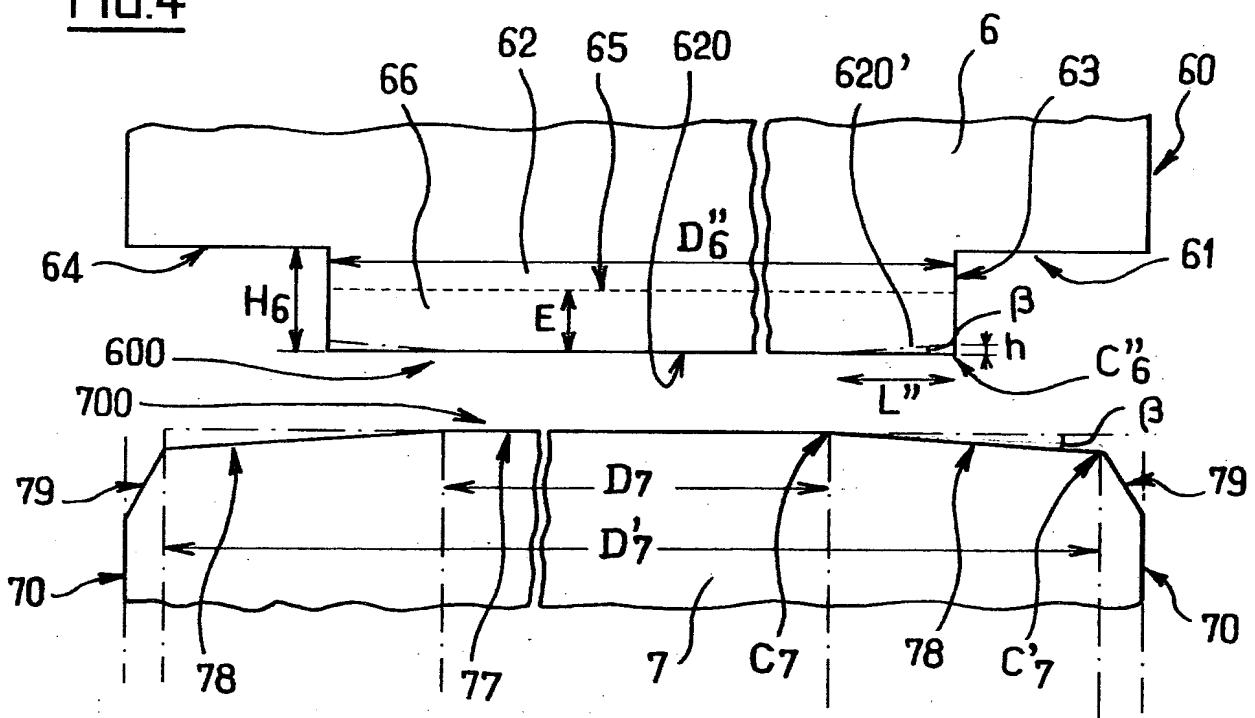
FIG.2



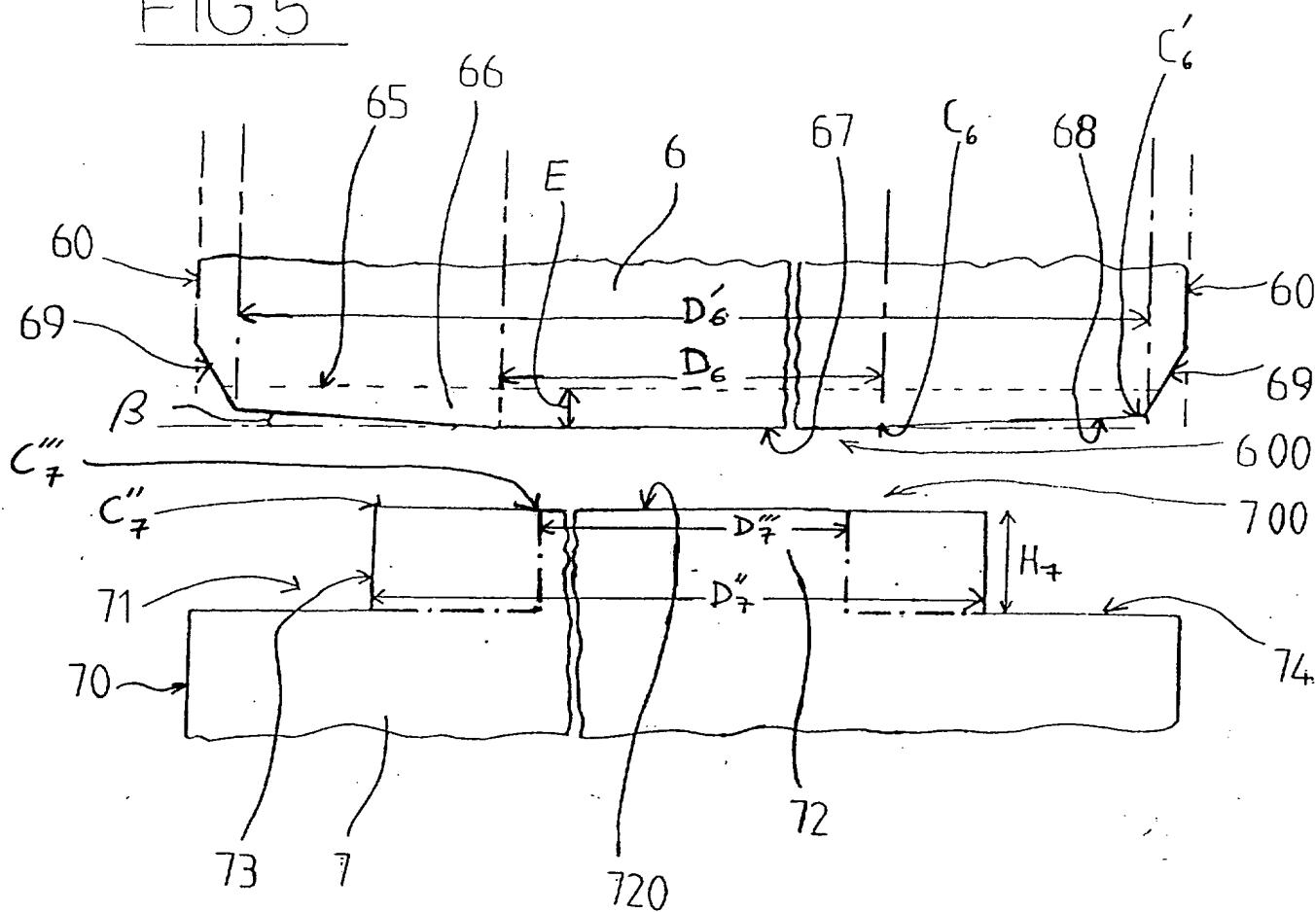
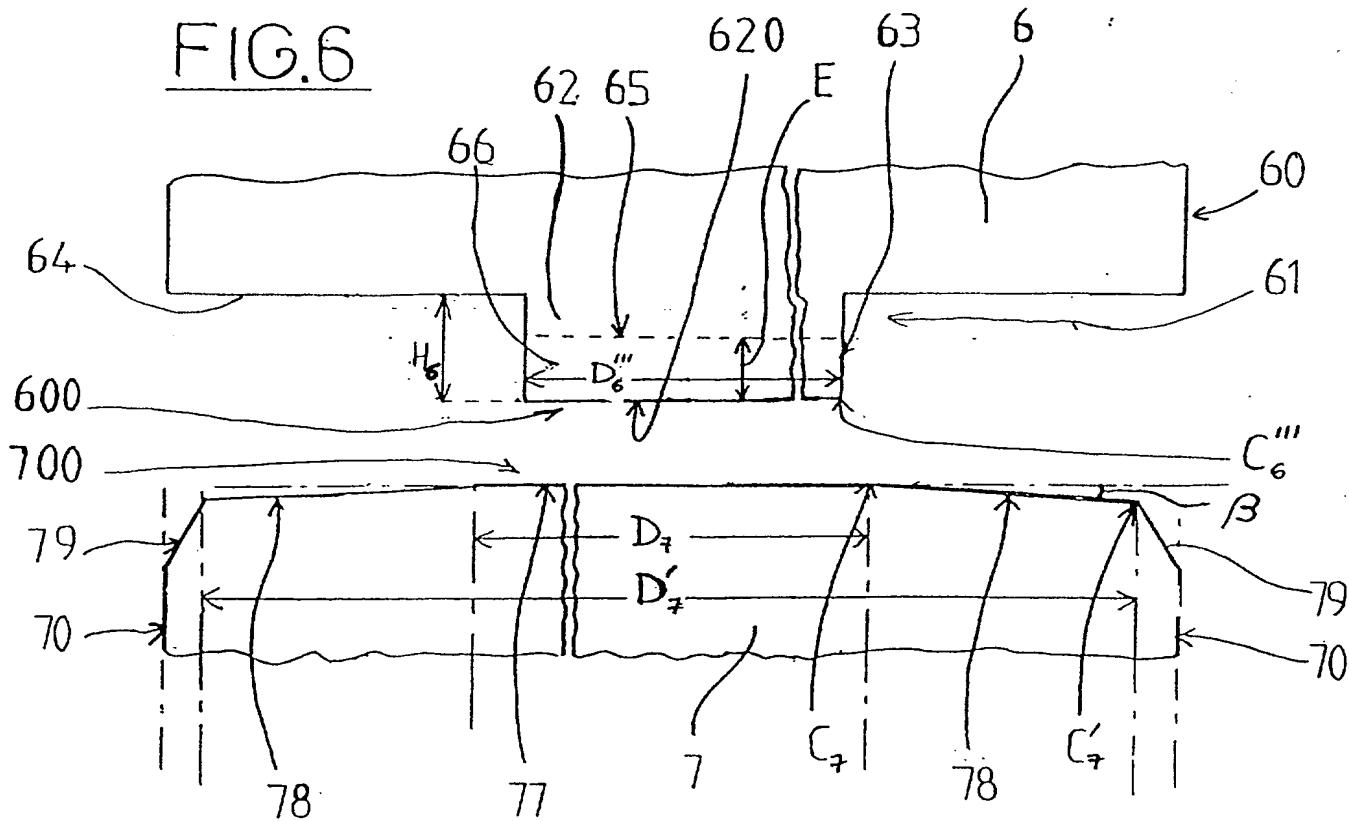
2/4

FIG.3FIG.4

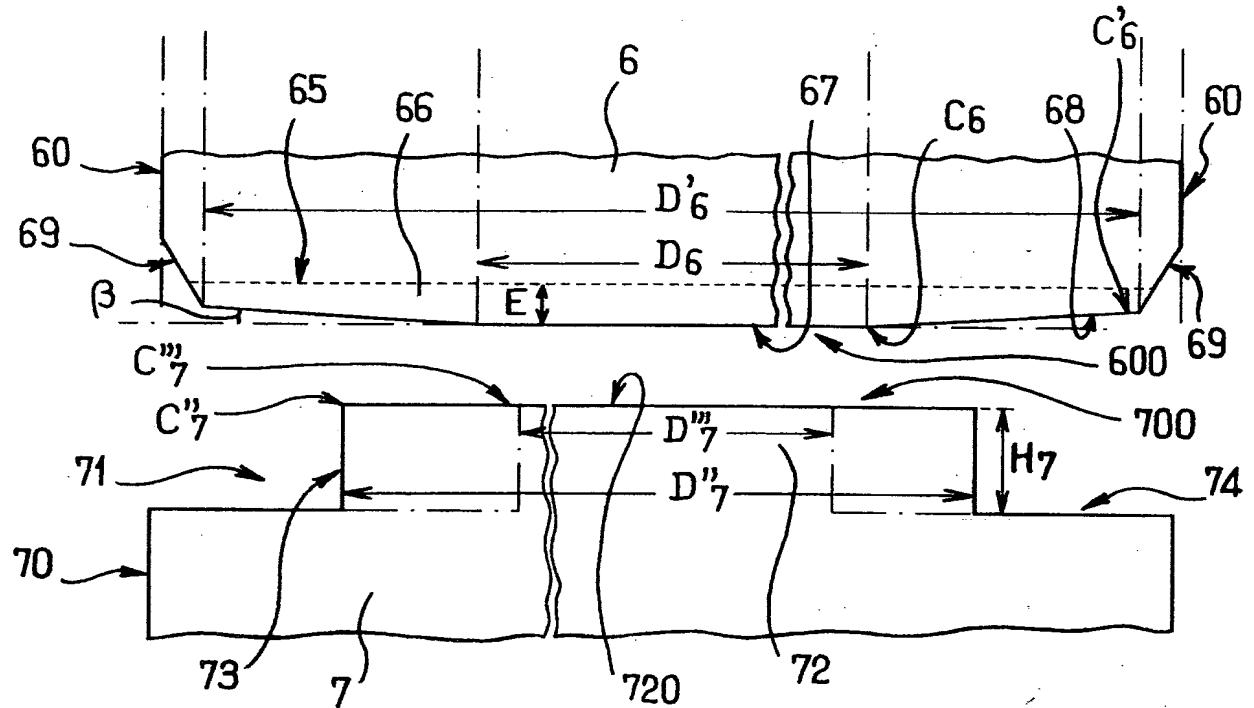
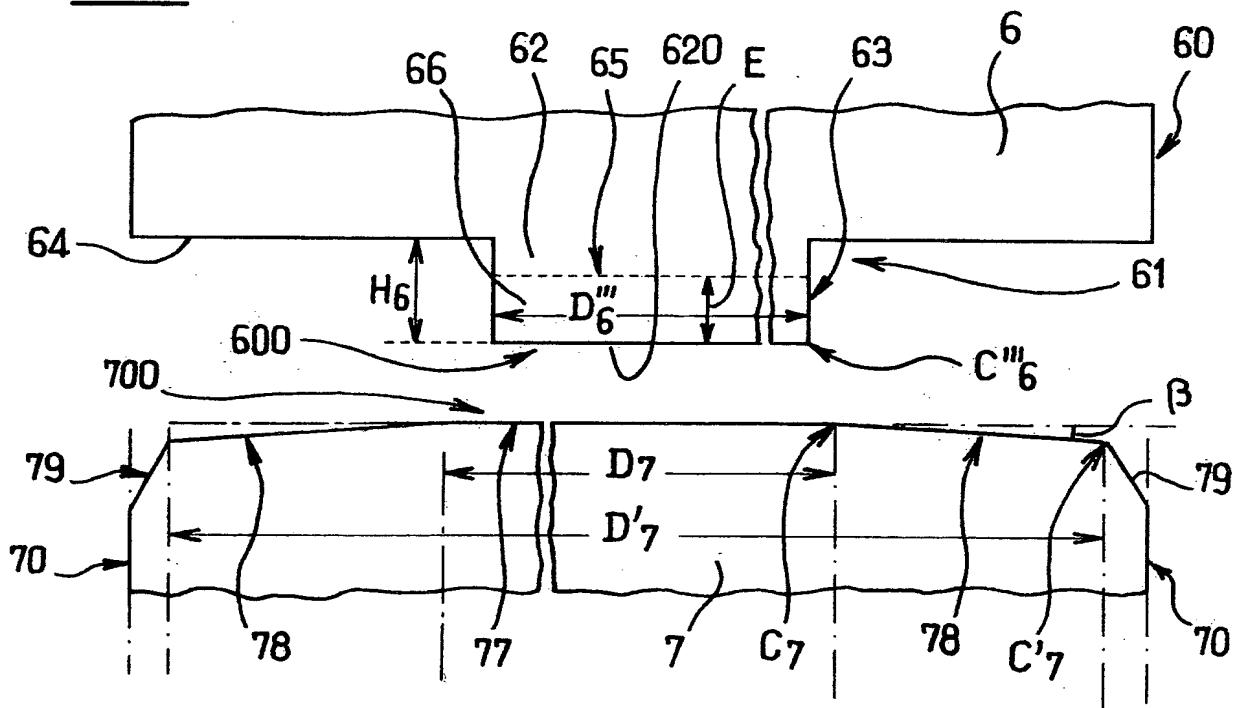
2 / 4

FIG.3FIG.4

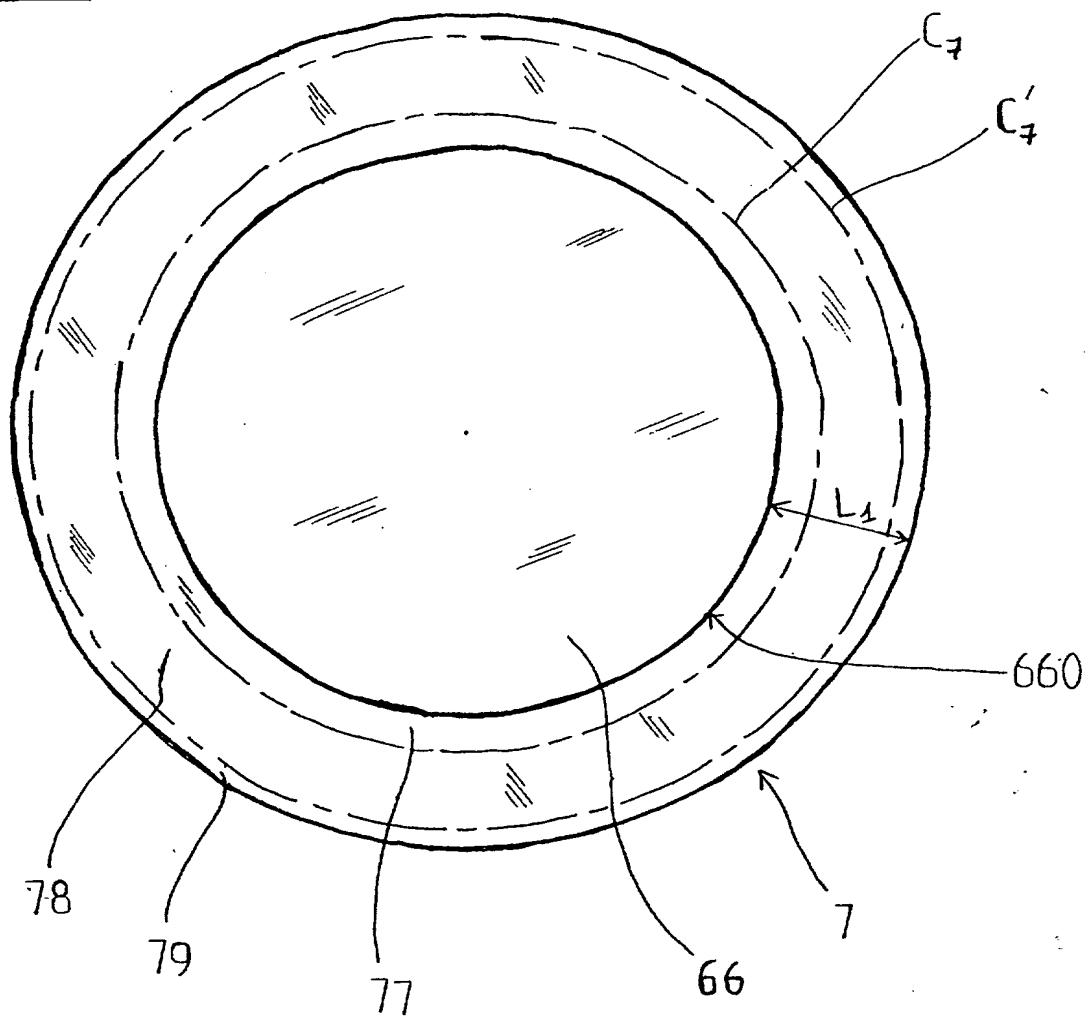
3/4

FIG.5FIG.6

3 / 4

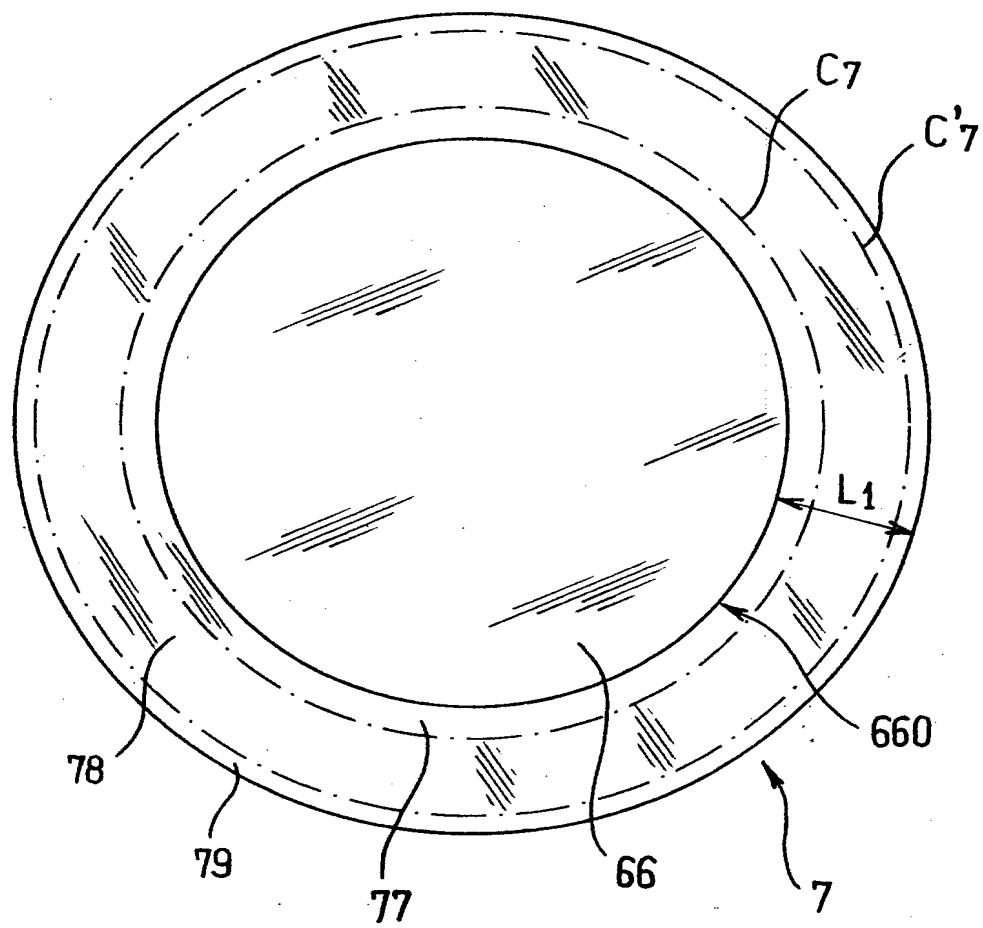
FIG.5FIG.6

414

FIG.7

4 / 4,

FIG.7





## DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11235\*03



## DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)	239538/D.19906B													
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	0209022													
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) "Procédé de lissage du contour d'une couche utile de matériau reportée sur un substrat support"														
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES														
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>														
<table border="1"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Nom</td> <td>GHYSELEN</td> </tr> <tr> <td>Prénoms</td> <td>Bruno</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> </tr> <tr> <td>58, rue Georges Maeder</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code postal et ville</td> </tr> <tr> <td colspan="2">[3 8 1 7 0] SEYSSINET-PARISSET</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Société d'appartenance (facultatif)</td> </tr> </table>		<input checked="" type="checkbox"/> Nom	GHYSELEN	Prénoms	Bruno	Adresse	Rue	58, rue Georges Maeder	Code postal et ville		[3 8 1 7 0] SEYSSINET-PARISSET		Société d'appartenance (facultatif)	
<input checked="" type="checkbox"/> Nom	GHYSELEN													
Prénoms	Bruno													
Adresse	Rue													
	58, rue Georges Maeder													
Code postal et ville														
[3 8 1 7 0] SEYSSINET-PARISSET														
Société d'appartenance (facultatif)														
<table border="1"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Nom</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Prénoms</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> </tr> <tr> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code postal et ville</td> </tr> <tr> <td colspan="2">[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Société d'appartenance (facultatif)</td> </tr> </table>		<input checked="" type="checkbox"/> Nom		Prénoms		Adresse	Rue		Code postal et ville		[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]		Société d'appartenance (facultatif)	
<input checked="" type="checkbox"/> Nom														
Prénoms														
Adresse	Rue													
Code postal et ville														
[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]														
Société d'appartenance (facultatif)														
<table border="1"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Nom</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Prénoms</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> </tr> <tr> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code postal et ville</td> </tr> <tr> <td colspan="2">[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Société d'appartenance (facultatif)</td> </tr> </table>		<input checked="" type="checkbox"/> Nom		Prénoms		Adresse	Rue		Code postal et ville		[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]		Société d'appartenance (facultatif)	
<input checked="" type="checkbox"/> Nom														
Prénoms														
Adresse	Rue													
Code postal et ville														
[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]														
Société d'appartenance (facultatif)														
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivie du nombre de pages.														
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)														
BRANGER Jean-Yves Mandataire CPI N° 92-4010														

